

# Trabajo Fin de Grado

## Implementación de un sistema RPAS en un GACA

Autor

Manuel de Toro Hermoso

Directores

Dr. D. Álvaro Lozano Rojo  
Cap. D. Miguel Ángel Martínez Martínez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
2019

## Agradecimientos

En primer lugar, quisiera expresar mi gratitud al Doctor don Álvaro Lozano Rojo; director académico de este trabajo. La ayuda e interés mostrados han resultado fundamentales para su redacción.

Mi máximo agradecimiento al Capitán don Miguel Ángel Martínez Martínez, director militar. Sus enseñanzas desde el primer día en el GACAPAC VI han sido muy útiles tanto para la elaboración del trabajo como para mi incipiente vida militar.

Quisiera agradecer también al Teniente don José Antonio Mochón Ruiz su constante ayuda y docencia durante el periodo de prácticas. Ha resultado ser un espejo en el que mirarse y un ejemplo de Teniente.

Al Teniente don Alberto de Arellano González, por su gran ayuda durante el desarrollo de las prácticas en la unidad. La adaptación que me ofreció y la ayuda que encontré en él como compañero y amigo han sido muy gratificantes y de gran importancia.

Al resto de componentes del GACAPAC VI, muy especialmente de la 1ª Batería en la que fui encuadrado y cuya predisposición a ayudar en todo momento demuestran la grandeza de esta unidad.

Mi agradecimiento para todo el personal del CUD, que me han ayudado a lo largo de la carrera a superar sus asignaturas y sin cuya ayuda no sería posible la finalización de este Grado.

Por último, no quisiera cerrar este capítulo sin acordarme de mi familia. Han sido un apoyo constante a lo largo de toda la carrera y son los responsables de que hoy pueda firmar esta memoria.

# Resumen

## *Implementación de un sistema RPAS en un GACA*

El título surge a raíz de la creciente expansión que están experimentando en la actualidad tanto a nivel civil como militar los sistemas RPAS, aeronaves no tripuladas que funcionan mediante control remoto. Por ello, el objetivo de este trabajo consiste en analizar el funcionamiento actual de un Grupo de Artillería de Campaña, GACA, encuadrado en la orgánica de una Brigada; es decir, GACA de Apoyo Directo. De este modo se pretende estudiar cómo trabajaría el mismo GACA con la ayuda de un sistema RPAS, se van a comparar y se observará que conviene su implementación. Por otro lado, se han analizado estudios realizados por el Ejército de Tierra acerca de posibles RPAS a implementar. Por lo tanto, se han seleccionado dos dispositivos que se han analizado y comparado con el fin de determinar cuál puede ser más apropiado y las ventajas que aportaría a un GACA; buscando mejorar sus capacidades y hacer más eficientes sus procedimientos para adquirir sus objetivos.



# Abstract

## *RPAS integration and management in a Field Artillery Battalion structure*

Due to the increasing expansion that RPAS (non-tripulated aircrafts that work thanks to remote control) are suffering nowadays, both in civil and military terms, appears the title of this work. Therefore, the purpose of the work consists in analyzing the current functioning of a Field Artillery Battalion within the framework of a brigade, meaning of direct support. By doing so, the aim of the study is to give an answer to how the same Field Artillery Battalion would work within the help of a RPAS, in order to do so both are going to be compared and we will agree on its implementation. On the other hand, studies carried by the "Ejército de Tierra" about possible RPAS to introduce have been analyzed. Consequently, two devices have been selected, analyzed and compared with the aim of establishing which one would be more proper and the advantages it would give to a Field Artillery Battalion; looking for improving its capacities and making the procedures more efficient in order to acquire their targets.



## Índice

1.	Introducción .....	2
1.1	Objetivo y estructura de la memoria.....	3
2.	Funcionamiento de un GACA en la actualidad .....	4
2.1	Batería de Plana .....	4
2.2	Batería de Armas .....	5
2.3	Batería de Servicios .....	6
2.4	Batería Mistral .....	6
3.	GACA con un sistema RPAS en plantilla.....	7
3.1	Batería de Plana con RPAS .....	7
3.2	Batería de Armas con RPAS .....	8
3.3	Batería de Servicios con RPAS .....	9
3.4	Batería Mistral con RPAS .....	9
4.	Análisis de Riesgos de la implementación del sistema RPAS .....	9
4.1	Descripción de riesgos .....	10
4.2	Análisis .....	14
5.	Sistemas RPAS.....	15
5.1	Proyecto Rapaz.....	16
6.	UAV Raven .....	17
6.1	Análisis DAFO UAV Raven .....	19
7.	UAV Fulmar .....	21
7.1	Análisis DAFO UAV Fulmar .....	22
8.	Comparación .....	25
9.	Conclusiones y líneas futuras.....	28
10.	Bibliografía .....	30

## Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama de una Batería de Plana de Apoyo Directo [3]. .....	5
Figura 2. Organigrama de una Batería de Armas de Apoyo Directo [3]. .....	5
Figura 3. Nuevo organigrama de una Batería de Armas de Apoyo Directo [4]. .....	6
Figura 4. Número de riesgos, clasificados por su impacto y probabilidad.....	14
Figura 5. Matriz de riesgos, clasificados por su impacto y probabilidad. ....	15
Figura 6. Clasificación de los UAV´s a nivel OTAN [6]. .....	15
Figura 7. Características técnicas del UAV Raven [8]. .....	17
Figura 8. UAV Raven [9]. .....	18
Figura 9. Análisis DAFO del UAV Raven. ....	19
Figura 10. UAV Fulmar sobre la plataforma de despegue [12]. ....	21
Figura 11. Características técnicas del UAV Fulmar [6]. .....	22
Figura 12. Análisis DAFO del UAV Fulmar. ....	23
Figura 13. Tabla de puntuaciones de los UAV Raven y Fulmar.....	27
Figura 14. Radar chart comparativo entre UAV Raven y Fulmar. ....	27



## Lista de Abreviaturas

A/D .....	Apoyo Directo
AGL .....	Above Ground Level - Sobre el nivel del suelo
FDC .....	Fire Direction Center - Centro Director de Fuegos
FFAA .....	Fuerzas Armadas
GACA .....	Grupo de Artillería de Campaña
INFO/TOP .....	Información y Topografía
OAV .....	Observador avanzado
PLMS .....	Plana Mayor y Servicios
RPAS .....	Remotely Piloted Aircraft Systems
SOPT .....	Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica
UAS .....	Unmanned Aerial System
UAV .....	Unmanned Aerial Vehicle



## 1. Introducción

En los últimos años los sistemas RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) han venido desarrollando un importante crecimiento tecnológico debido a las necesidades actuales tanto a nivel civil como militar. De este modo el Ejército de Tierra no ha sido ajeno a dicho crecimiento y ha iniciado diversos programas de adquisición para seguir acorde a su papel de ejército puntero, estando algunos en proceso y otros ya finalizados.

Además, las exigencias del combate asimétrico<sup>1</sup> al que se enfrentan los ejércitos occidentales a día de hoy hacen fundamental el empleo de las últimas tecnologías y una rápida adaptación y flexibilidad a la que se amoldan perfectamente los ya mencionados sistemas. Por ello, desde los Grupos de Artillería de Campaña (GACA) se observa la posibilidad de implementar un RPAS, ya sea de los que hay actualmente en plantilla del Ejército de Tierra como de los que se está estudiando su adquisición.

Primeramente, debido a la compleja y a veces confusa terminología empleada en el ámbito de los RPAS y aeronaves no tripuladas, conviene aclarar qué significa exactamente cada término y en qué situaciones se emplea.

- UAV (Unmanned Aerial Vehicle): se refiere de forma literal a la aeronave propiamente dicha que es no tripulada
- UAS (Unmanned Aerial System): define el sistema aéreo al completo. Dicho sistema puede incluir una o varias aeronaves. Además, está compuesto por el sistema de control y comunicación, medios de transporte o equipos de despegue y aterrizaje si los tiene.
- RPAS (Remotely Piloted Aircraft System): aunque comparte su definición con el término "UAS" es más correcto emplear las siglas RPAS ya que asegura que se trata de aeronaves pilotadas de forma remota y sin la presencia de un piloto en la cabina [1].

Es importante descartar del término RPAS a otros aparatos aéreos como pueden ser municiones guiadas, blancos aéreos o misiles de crucero. Especialmente importante es este último caso ya que es el que lleva a mayor confusión. La principal diferencia entre RPAS y misil radica en que el primero está pensado para ser recuperable. Además, la carga de un misil se encuentra en su cabeza de guerra, formando parte de la estructura aerodinámica. La carga del RPAS en cambio no forma parte de esta estructura.

---

<sup>1</sup> El combate asimétrico se caracteriza por las diferencias tecnológicas y de procedimientos entre ejércitos convencionales y ejércitos insurgentes como puede ser Daesh.

### 1.1 Objetivo y estructura de la memoria

El objetivo de esta implementación es mejorar las características y capacidades del Grupo, principalmente en la adquisición de objetivos, pero también en el estudio del terreno o en la evaluación de daños; características todas ellas fundamentales para el funcionamiento de la unidad y que cumpla su cometido de la mejor manera. De este modo se analizarán estas posibles mejoras para compararlas con el funcionamiento en la actualidad de un GACA y concluir si se debe implementar o no.

Por último, se proponen dos sistemas RPAS diferentes para su implementación; analizando sus características, comparándolos y concluyendo cuál puede ser el idóneo para implementar en un GACA.

Esta memoria se divide en ocho capítulos además de esta introducción y sus contenidos son descritos a continuación.

El capítulo 2 aborda el funcionamiento de un GACA en la actualidad, explicando toda su estructura y tratando de detallar en qué consiste la labor de cada una de las baterías en las que se divide.

El capítulo 3 vuelve a analizar el GACA, pero esta vez contemplando el hipotético caso de contar con un sistema RPAS en su plantilla; estudiando de este modo el impacto que tendría en cada una de sus baterías.

El capítulo 4 incluye un análisis de los riesgos que supondría la implementación de un RPAS en un GACA.

El capítulo 5 hace una breve introducción a los dos UAV's a analizar. Para ello se introduce el Proyecto Rapaz, base para la elección de los mismos.

En los capítulos 6 y 7 se estudian ambos dispositivos siguiendo la misma metodología. Se describen todas sus características y a continuación se analizan mediante una tabla DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) de la cual se sacan unas conclusiones.

El capítulo 8 trata de comparar los dos RPAS presentados en los capítulos previos, con el fin de decidir cuál es el más idóneo para su implementación. La metodología aplicada es la de radar chart, mediante la que se identifican unas características comunes de los aparatos, se puntúan y se comparan.

Finalmente, en el capítulo 9 se obtienen unas conclusiones del trabajo de investigación realizado. Además, se incluyen algunas líneas futuras como posibles investigaciones a realizar similares a la que se lleva a cabo en este trabajo.

## 2. Funcionamiento de un GACA en la actualidad

Primeramente y antes de iniciar el estudio en sí, conviene situar un GACA en la actualidad. Mandado por un Teniente Coronel, la doctrina de Artillería dicta que un GACA se podrá emplear con cuatro cometidos diferentes, siendo éstos de apoyo directo (A/D), de refuerzo, de acción de conjunto y de acción de conjunto-refuerzo.

El estudio de implementación de un sistema RPAS en un GACA se va a centrar en los grupos encuadrados en una Brigada de Infantería, siguiendo la orgánica actual empleada por el Ejército de Tierra. Por lo tanto, “los GACA orgánicos de las brigadas están organizados con el personal y medios necesarios para poder [...] cumplir con eficacia las exigencias del cometido de A/D” [2].

De este modo, se va a proceder a analizar las diferentes baterías que tiene un GACA de apoyo directo, estudiando su funcionamiento actual, sus ventajas y sus carencias.

### 2.1 Batería de Plana

Se trata de la encargada de coordinar a las baterías de armas para trabajar conjuntamente. Como el resto de baterías, la manda un Capitán y se compone de un Pelotón de Plana Mayor y Servicios (PLMS), Sección de Operaciones, Sección de Información y Topografía (INFO/TOP), Sección de Enlace, Sección de Transmisiones y Sección de Protección.

La sección de INFO/TOP se encarga de realizar los pertinentes estudios del terreno para la elección de los asentamientos que utilizarán las baterías de armas, así como la elección de los itinerarios a seguir de todo el Grupo. Actualmente esto se realiza mediante el análisis de fotografías aéreas, cuando las hay, así como mediante el uso de GPS y mapa o reconocimientos sobre el terreno.

Por otro lado, la Sección de Enlace es la encargada de coordinar a los observadores avanzados (OAV's) para la adquisición de objetivos y evaluación de daños. Se trata de una tarea fundamental para el correcto funcionamiento de un Grupo ya que su principal misión es el apoyo batiendo unos objetivos determinados. Todas estas tareas se llevan a cabo gracias a herramientas como telémetros láser y cámaras térmicas.

A continuación, en la Figura 1 se observa la estructura de la Batería de Plana, en la que conviene destacar las mencionadas secciones de INFO/TOP y enlace.

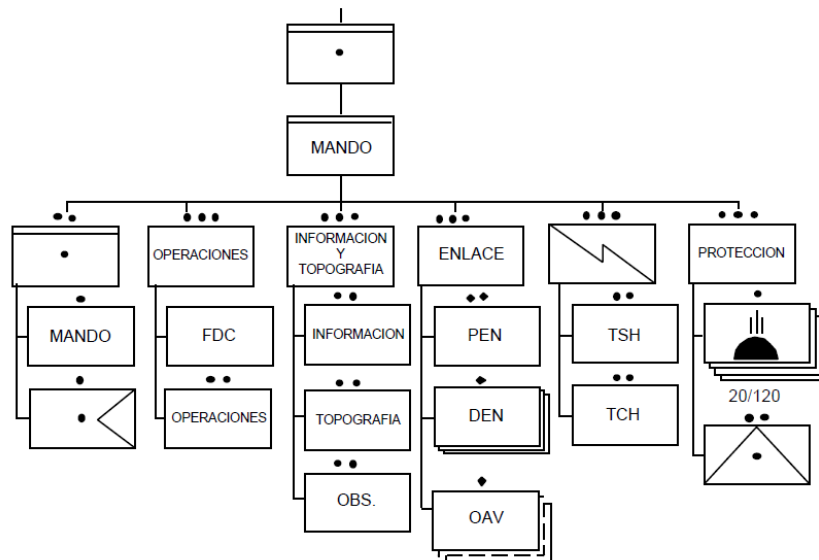


Figura 1. Organigrama de una Batería de Plana de Apoyo Directo [3].

## 2.2 Batería de Armas

Hay tres por Grupo y es la encargada de batir los objetivos que le asignen para así cumplir la misión de A/D encomendada. Para ello tiene todos los medios necesarios y se articula en una Sección de PLMS, encargada de calcular y transmitir los datos de tiro a las piezas mediante el FDC (Centro Director de Fuegos), así como de la topografía de la Batería; y en un Escalón de Fuego, que son los propios obuses de los que se compone la Batería.

El Pelotón de Topografía perteneciente a la Sección de PLMS ha de colaborar con la Sección de INFO/TOP de Grupo, así como reconocer los itinerarios y asentamientos propios de su Batería por lo que también se sirve de GPS y mapa principalmente. En la Figura 2 se puede apreciar la estructura descrita.

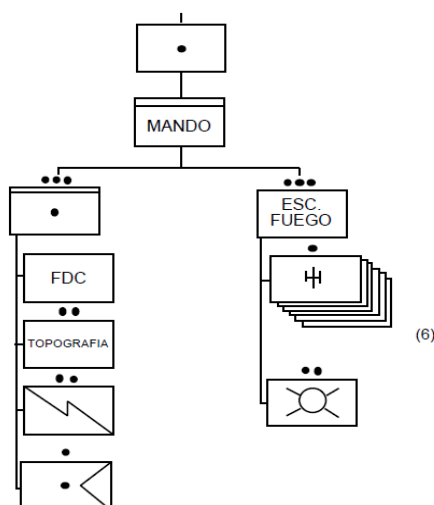
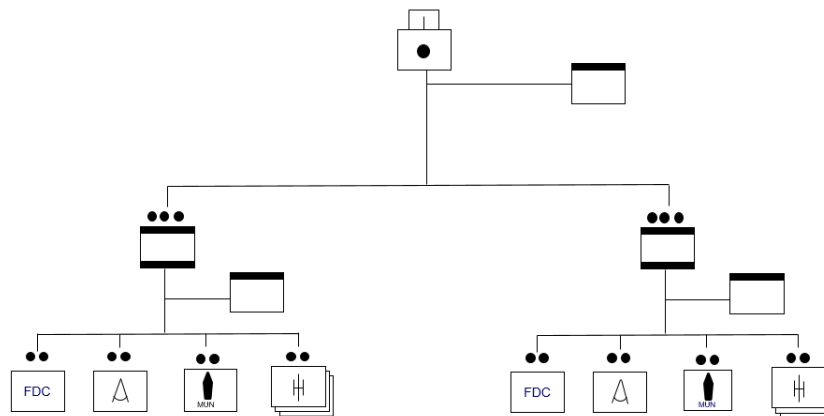


Figura 2. Organigrama de una Batería de Armas de Apoyo Directo [3].

Por último, es importante destacar que, aunque ésta sea la orgánica actual en los manuales y empleada en los últimos años, se viene desarrollando una diferente ya implantada en muchas unidades como el Grupo de Artillería de Campaña Paracaidista VI y ya reflejada en el Módulo de Planeamiento del Ejército para 2017. Dicha orgánica consiste en dos secciones cada una de ellas con un FDC y tres obuses de tal forma que cada sección puede actuar de manera completamente independiente. La Figura 3 muestra su organigrama.



*Figura 3. Nuevo organigrama de una Batería de Armas de Apoyo Directo [4].*

## 2.3 Batería de Servicios

Se encarga de toda la logística del GACA centrándose para ello en cuatro aspectos fundamentales que son Personal, Abastecimiento, Mantenimiento y Asistencia Sanitaria; disponiendo cada uno de ellos de una sección específica para desarrollar dicha labor.

Del mismo modo es la encargada de montar el Puesto de Mando retrasado, por detrás de las unidades y con la importancia de tener una buena situación y acceso hacia ellas para poder realizar un apoyo logístico lo más eficaz posible. Por ello la topografía en esta Batería también es fundamental.

## 2.4 Batería Mistral

Se trata de la Batería encargada de proteger todo el espacio aéreo que afecte a la Brigada en sus operaciones. El puesto de tiro Mistral es un misil que realiza el seguimiento a las aeronaves y predice su

movimiento para garantizar una precisión muy alta. Está diseñado para actuar en baja y muy baja cota y su Autoguiado Pasivo<sup>2</sup> le permite actuar como “dispara y olvida”.

### 3. GACA con un sistema RPAS en plantilla

Como ya se explicó con anterioridad, la misión principal y razón de ser de un GACA de A/D es el apoyo de fuegos mediante la adquisición de objetivos, batirlos y su posterior evaluación de daños; para a continuación batirlos de nuevo si fuera necesario o, por el contrario, adquirir unos nuevos. El resto de acciones llevadas a cabo por las diferentes baterías se desarrollan con el propósito de cumplir esta última misión. Por lo tanto, la implementación del sistema RPAS se estudiará como si fuera parte de los órganos más importantes que se encargan de esta misión, es decir la Batería de Plana y sus diferentes secciones.

Se han mencionado tres acciones principales, siendo la primera de ellas la adquisición de objetivos de la que se encarga la Sección de Enlace, así como de la evaluación de daños. Por lo tanto, la mencionada sección será la principal encargada y receptora del sistema RPAS que se estudia implantar.

Por otro lado, se habla de batir los objetivos. Ésta es una tarea fundamental también en la que, sin embargo, un UAV no tendría tanta influencia ya que de ello se encargan exclusivamente los obuses. Es por ello que el estudio se centrará como ya se ha dicho en la Batería de Plana, aunque se investigará qué posibles mejoras podría aportar al resto de baterías.

#### 3.1 Batería de Plana con RPAS

Como ya se ha dicho con anterioridad, las tres principales secciones que componen esta Batería son la de Operaciones, la de Enlace y la de INFO/TOP. Entre éstas, es la Sección de Enlace la encargada tanto de adquisición de objetivos como de evaluación de daños.

El hecho de contar con un sistema RPAS en su poder podría implicar un gran salto adelante a la hora de ejercer estas labores ya que son muchas las ventajas que aportaría. Primeramente, permitiría no exponer tanto a un OAV, ya que no necesitaría contacto visual directo con el objetivo; sino que con una cámara de alta resolución y a vista de pájaro, con un GPS preciso podría obtener las coordenadas de manera mucho más eficiente y fiable. Además, al tener la capacidad de poseer una cámara térmica, no perdería sus ventajas en ambiente nocturno, sino que las mejoraría.

---

<sup>2</sup> Este sistema permite al misil guiarse de forma autónoma una vez disparado siguiendo a la fuente de calor que constituye el objetivo.



Por otro lado, la transmisión de la información sería mucho más rápida ya que se sustituiría el enlace por fonía vía radio o por datos mediante una PDA, por el enlace directo entre el UAV y la Sección de Operaciones, encargada de gestionar a las baterías de armas para batir el objetivo.

Finalmente, al igual que se adquieren los objetivos, se podría aplicar el mismo procedimiento para la posterior evaluación de daños; tarea fundamental para la Artillería. Actualmente para un OAV resulta en muchas ocasiones muy complicado discernir entre los diferentes efectos que ha podido provocar una salva<sup>3</sup> sobre un objetivo por muchas razones como pueden ser la orografía del terreno o la meteorología. Mucho más importante es el caso del combate en zonas urbanizadas, presente y futuro del combate actual en el que la presencia de RPAS para la evaluación de daños se antoja indispensable por su capacidad de vuelo entre edificios y ofrecer la posibilidad de mostrar imágenes en tiempo real de los objetivos que se precisen.

Por último, es importante mencionar a la Sección de INFO/TOP, que también se podría ver muy beneficiada por el uso de un dron debido a su tarea principal de reconocer itinerarios y zonas en las que establecer asentamientos<sup>4</sup> sobre los que actúan las baterías de armas. Frente al lógico riesgo que se corre realizando un reconocimiento sobre el terreno, exponiendo al personal de los vehículos encargados, se encuentran las ventajas del UAV, mucho más preciso además que los medios con los que se cuentan en la actualidad.

### 3.2 Batería de Armas con RPAS

Si bien es la Sección de INFO/TOP de la Batería de Plana la encargada de elegir y reconocer los asentamientos a emplear por el Grupo, también el Pelotón de Topografía de la Batería de Armas tiene el cometido de reconocer más en detalle tanto asentamientos principales como alternativos. Además, ha de seleccionar mediante el correspondiente estudio los mejores itinerarios para acceder a los mencionados asentamientos, así como las coordenadas exactas en las que situar a los obuses.

Por lo tanto, al ser unos cometidos muy parecidos a los de la Sección de INFO/TOP, su empleo se efectuaría de forma similar; realizando los estudios pertinentes desde una posición retrasada y segura y adelantando al RPAS para acceder a la visualización del terreno mediante su cámara.

No obstante, al no ser de especial interés para el cometido final del Grupo, la preferencia para la adquisición e implementación de un sistema RPAS en una Batería de armas sería secundario, priorizando la Batería de Plana como se ha dicho con anterioridad.

---

<sup>3</sup> Una salva es un número predeterminado de proyectiles que se disparan sobre un objetivo.

<sup>4</sup> Se llama asentamiento a la zona en la que despliegan las piezas para efectuar fuego.

### 3.3 Batería de Servicios con RPAS

Con igual prioridad o menos que la Batería de Armas, la Batería de Servicios podría emplear el UAV para estudiar la forma más óptima de abastecer a las baterías restantes mediante el reconocimiento de itinerarios y de zonas en las que establecer puntos de abastecimiento. Se trata de una labor fundamental para el correcto desarrollo de cualquier operación, pero difícilmente mejorable con un sistema RPAS. Además, el peligro al que está expuesta esta Batería es mínimo al actuar por detrás de las demás baterías en el campo de batalla, por lo que no es prioridad para la adquisición de un UAV.

### 3.4 Batería Mistral con RPAS

Al ser la encargada de controlar el espacio aéreo, tiene todos los medios de adquisición objetivos más eficientes, radares de alta precisión que no serían mejorados por un UAV. Las ventajas que podría aportar serían en labores de topografía, si bien no son de tanta importancia como pueden serlo en la sección de INFO/TOP. Por lo tanto, debería ser el último favorecido por el sistema RPAS en el orden de prioridades.

## 4. Análisis de Riesgos de la implementación del sistema RPAS

Los análisis de riesgos son cualitativos y se emplean para detectar las posibles incidencias que pueden presentar diferentes tomas de decisiones. En ellos se clasifican los riesgos detectados de dos maneras. Por un lado, se les asigna una probabilidad de aparición con valores de 1, 2 ó 3; siendo 1 la más baja y 3 la más alta. Por otro lado, se clasifican por el impacto que tendrían en caso de aparición; siendo éste bajo, medio o alto (L, M, H respectivamente). Finalmente, se clasifican por colores que representan la gravedad que implica cada riesgo en función de su probabilidad de aparición y su impacto, quedando el color verde como menos grave y el color rojo como el más grave.

En base a una posible implementación de un sistema RPAS en un GACA, es importante estudiar y tener en cuenta los posibles riesgos que ello conlleva. El fin perseguido es identificarlos, estudiarlos y definir una serie de requisitos mínimos a exigir al RPAS para así poder minimizar estos riesgos que a continuación se adjuntan. De este modo, si finalmente se lleva a cabo esta implementación, se habrá estudiado la manera de enfrentar estos riesgos de tal forma que su impacto será minimizado optimizando así el empleo del RPAS. Todos ellos, junto a su impacto y probabilidad, se han obtenido de una entrevista que se ha realizado a personal perteneciente al Grupo de Artillería de Campaña Paracaidista VI y de las que se han obtenido estas conclusiones. Dicha entrevista junto con la lista de los expertos consultados se encuentra en el Anexo B. Además, para mayor interés se puede obtener más información en la referencia [5].

## 4.1 Descripción de riesgos

### Condiciones meteorológicas desfavorables

Determinados casos de condiciones meteorológicas como lluvia o viento pueden afectar al vuelo del UAV, así como al correcto uso de sus medios; pudiendo incluso impedir su empleo si las condiciones son muy adversas. Esto conllevaría un efecto medio-alto en función de si estas condiciones afectan a algunas capacidades o impiden el empleo del aparato en su totalidad. Análogamente, se corre el riesgo de que pueda llegar a perderse si está volando en el momento del inicio del mal tiempo.

Por otro lado, la probabilidad de que el uso del sistema se realice bajo el efecto de malas condiciones es de un valor medio (2) pues las contingencias del combate no permiten decidir el momento ni el lugar idóneos para el empleo del RPAS.

Por lo tanto, es importante realizar un profundo y exigente análisis de mercado con el fin de seleccionar e implementar un UAV con gran capacidad de resistencia frente a condiciones meteorológicas adversas.

### Choque con otros objetos

A pesar de todos los medios de control que tiene el sistema, cabe la posibilidad de que durante el vuelo choque con otros objetos, voladores o no, o incluso aves. Se han dado casos de RPAS atacados por aves rapaces que han resultado muy dañados. Por ello, se trataría de un riesgo con efecto medio debido a que un accidente del aparato puede conllevar su pérdida de control; pudiendo dejarlo irrecuperable si ésta sucede en terreno enemigo o si cae desde una gran altura provocando daños al sistema.

Sin embargo, hay una baja (1) probabilidad de que esto suceda ya que la aeronave es pilotada remotamente y gracias a su cámara el piloto debe ser capaz de localizar obstáculos y evitarlos. Por otro lado, debido al pequeño tamaño del RPAS, la probabilidad de que impacte con otro objeto volador o ave se reduce. Como medida a adoptar para reducir la probabilidad de aparición de este riesgo, se debe adquirir un RPAS que sea capaz de detectar obstáculos de forma autónoma cuando esté en vuelo, de tal forma que evite cualquier choque sin necesidad de recibir la orden por parte del piloto que lo maneja.

### Aeronave localizable por el enemigo

Se debe contemplar la posibilidad de que el enemigo contra el que se emplee el RPAS disponga de unos medios de localización de objetivos muy precisos. De este modo, con la aeronave localizada, el

enemigo podría tratar de derribarla o emplearla para utilizar la decepción<sup>5</sup> contra las tropas propias. Por lo tanto, las consecuencias podrían ser graves (efecto alto) ya que con el aparato localizado por el enemigo se pierde toda la sorpresa y el enemigo puede tomar la iniciativa, además de darle la oportunidad de derribarlo.

Se debe estar preparado para combatir a cualquier tipo de enemigo, desde insurgente hasta convencional, siendo este último el que dispondría de elementos de localización de aeronaves. Consecuentemente, que la aeronave fuera localizada en un combate se daría con probabilidad media (2). Para evitar esta localización, es importante que el sistema incluya contramedidas de detección, así como medios capaces de crear falsas alarmas. Todo ello, unido a un sistema antirradar haría muy difícil de localizar al aparato.

### **Necesidad de personal instruido**

Con la adquisición del RPAS será necesario personal con conocimientos suficientes de tal modo que sea capaz de manejar el sistema, así como de instruir al resto de personal para que conozcan sus tácticas, técnicas y procedimientos. Sin embargo, supondrá un efecto bajo ya que actualmente en el Ejército ya hay unidades que disponen de RPAS y, por lo tanto, de personal instruido. De este modo, sería necesario que este personal impartiera un curso de formación para el personal del resto de unidades receptoras del sistema para que fuesen capaces de manejarlo.

Esto sucederá con una probabilidad alta (3) ya que actualmente en los GACA de A/D no se cuenta con RPAS, por lo que no hay personal instruido para manejarlos. Para evitarlo en la medida de lo posible, se deben impartir charlas y cursos previos a la adquisición del sistema de tal manera que, a su llegada, ya se conozca y se adquiera rápidamente el perfeccionamiento mediante su manejo.

### **Pérdida de calidad de los materiales**

Es inevitable que con el paso del tiempo los materiales pierdan calidad y se deterioren, lo que provocaría un peor rendimiento del sistema, fallo en algunas de sus herramientas o incluso dejarlo completamente inhabilitado. Tendría un impacto medio debido a que un aparato estropeado llevaría al GACA a la situación inicial antes de adquirirlo, debiendo recurrir a los métodos originales de adquisición de objetivos.

La probabilidad de que ocurra será alta (3) debido a que el continuado uso que se le dará al RPAS conllevará un desgaste y deterioro de sus elementos. Para minimizarlo será importante exigir unos mínimos de calidad en los materiales a la hora de adquirir el producto, así como un periodo mínimo de

---

<sup>5</sup> La decepción es una forma del combate con la cual se lleva al engaño al enemigo mediante falsas señales, induciéndole a actuar de una forma determinada.

abastecimiento de repuestos al proveedor. Además, se deberá incluir en el 2º escalón de mantenimiento (perteneciente a la Batería de Servicios) una sección encargada de reparar los RPAS.

### **Sistema vulnerable a la guerra electrónica**

Debe contemplarse la posibilidad de que el enemigo disponga de medios de guerra electrónica con los que trate de inutilizar o controlar el dispositivo. Esto conllevaría una pérdida de la señal o pérdida del aparato. Tendría un impacto alto pues permitir que el enemigo se haga con el control de la aeronave podría conllevar graves consecuencias como la pérdida de información.

Esto ocurriría con una probabilidad media (2) debido al carácter del enemigo que podría ser convencional o insurgente, siendo este último menos probable que disponga de medios de guerra electrónica. Para evitarlo será fundamental adquirir un RPAS con alta capacidad de supervivencia en ambiente de guerra electrónica. Por ello se tratará de adquirir un sistema de baja señal de emisión, para minimizar la probabilidad de ser localizado, y con un fuerte blindaje frente a ataques electromagnéticos.

### **Pérdida de contacto**

Se prevé que el RPAS esté sometido a muchos factores que le lleven a fallos en el sistema de enlace que puedan provocar la pérdida de contacto entre el sistema de control y el aparato. Consecuentemente, si se pierde el control se corre el riesgo de que caiga en zona enemiga o pérdida de la aeronave. Supondría un impacto de carácter alto pues perder el contacto con el aparato obligaría a emplear los métodos tradicionales de adquisición de objetivos, aunque se tratara de manera temporal.

Se estima que este suceso ocurrirá con una probabilidad baja (1) ya que el mercado actual ofrece un gran número de RPAS con potentes sistemas de enlace y con gran capacidad de hacer frente a diferentes vicisitudes. Además, se debe exigir al RPAS un sistema de vuelta al punto de origen o a un punto marcado previamente en caso de pérdida de señal con el fin de minimizar el impacto de este riesgo.

### **Pérdida de información en favor del enemigo**

La aeronave será portadora de información sensible cuando esté cumpliendo sus objetivos. Entre otras cosas tendrá almacenado el punto de vuelta al que volar en caso de pérdida de señal, así como enlace con las unidades de tierra. Por ello, y de forma consecuente a riesgos anteriores, el enemigo cuando se haga en poder de un RPAS propio tratará de obtener de él cualquier tipo de información que le resulte provechosa. El impacto sería muy alto ya que información sensible en manos del enemigo pondría en grave riesgo a las unidades propias.

Que el enemigo trate de obtener información de un RPAS propio ocurrirá con una probabilidad alta (3), por lo que debe de evitarse darle esta oportunidad. De este modo, es importante que el aparato incorpore un borrado de emergencia en caso de manipulación por personas no autorizadas, pudiendo incluso incorporar un sistema de autodestrucción activable de forma remota o cuando se pierda la señal.

### **Obsolescencia del producto**

Los conflictos y la forma de combatir no son constantes, sino que se encuentran en continua evolución. Por ello, es posible que en el futuro nuevas tecnologías o contingencias del combate lleven al producto a quedarse completamente obsoleto al requerirse otros diferentes para adaptarse a las nuevas exigencias. Este hecho tendría un efecto medio ya que se estima que el empleo de los RPAS sea necesario en el corto y medio plazo, amortizándose de esta forma el sistema antes de que se quedara obsoleto.

Por lo tanto, ocurrirá con una probabilidad baja (1) que a corto plazo el sistema dejase de ser necesario. Sin embargo, se deben analizar otras utilidades que pueda aportar el RPAS, de tal modo que en caso de obsolescencia se pueda reubicar para ser utilizado con diferentes fines y así poder seguir siendo utilizado.

### **Sistema derribado por medios antiaéreos enemigos**

Si el aparato es detectado por el enemigo, éste puede tratar de derribarlo con el fin de dejarlo inoperativo y sin capacidad de adquisición de objetivos a las tropas propias. Esto tendría un efecto alto ya que obligaría a los OAV's a levantar los objetivos mediante el método tradicional, aumentando de esta forma la exposición de los medios humanos.

Consecuentemente, se puede prever que el enemigo tratará de derribar con la aeronave con una probabilidad media (2); siempre que tenga los medios adecuados para ello y no le interese actuar de otra forma como interceptación mediante guerra electrónica. Para evitar su derribo, será importante que la aeronave primeramente disponga de los medios adecuados para evitar su detección, así como de tecnología antimisil.

### **Avería durante el vuelo**

Durante un vuelo, el UAV puede sufrir algún tipo de fallo mecánico que impida continuar el funcionamiento del motor, fallo de batería, etc. En caso de que la aeronave no estuviera preparada para ello, supondría un efecto alto ya que un fallo de este tipo conllevaría la caída del aparato sometiéndolo a golpes y averías de difícil reparación.

Sin embargo, la probabilidad de que un fallo de este tipo suceda es baja (1) ya que, en el Ejército, antes de utilizar cualquier medio se realiza una prueba previa con el fin de evitar incidencias durante su

uso. Aun así, se debe adquirir un RPAS que esté preparado para estos casos, pudiendo continuar el vuelo y acogerse a un punto de retorno marcado en caso de cualquier tipo de avería durante el vuelo.

## 4.2 Análisis

Aunque la aparición de riesgos es inevitable en un proyecto de este carácter, es fundamental realizar un análisis con el fin de detectarlos y tratar de minimizarlos. La definición de todos ellos se ha realizado previamente en el apartado anterior, junto a los efectos que conllevarían (probabilidad de aparición y nivel de impacto) y las medidas para minimizarlos.

Como se puede ver, se trata de riesgos que conllevan tanto la implementación como su posterior uso para cumplir las misiones asignadas. Aunque hay algunos de mayor gravedad o probabilidad de aparición, éstos pueden ser solventados mediante la adquisición de un sistema RPAS eficaz como los que tiene ya en plantilla el Ejército de Tierra o los que estudia implantar en el corto plazo y que se analizarán posteriormente.

A la vista de estos riesgos, es conveniente clasificarlos según la Figura 4. En ella se observan los riesgos por categorías según la probabilidad de aparición que tengan (1,2,3) y el impacto que puedan tener (L, M, H) siendo los de color rojo los de mayor impacto y probabilidad y los de color verde los menos graves.

Clase riesgo	Nr
<b>Alto (rojo)</b>	<b>1</b>
<b>Alto - medio (naranja)</b>	<b>4</b>
<b>Medio (amarillo)</b>	<b>6</b>
<b>Bajo (verde)</b>	<b>0</b>
<b>Total:</b>	<b>11</b>

*Figura 4. Número de riesgos, clasificados por su impacto y probabilidad.*

Es conveniente destacar el riesgo de probabilidad alta (3) y con gran impacto correspondiente al color rojo. Se trata de la adquisición de información por parte del enemigo. Es un aspecto muy delicado ya que el RPAS podría proporcionar las coordenadas del punto de retorno en caso de pérdida de contacto, así como permitir acceder al enlace que tiene con su sistema de control. Por lo tanto, será fundamental una importante labor de las transmisiones para evitar ese acceso del enemigo, así como la presencia de una

caja negra en el UAV que le permita el borrado de emergencia ya mencionado en caso de manipulación por personal no autorizado.

Por último y para reflejar mejor el resultado del análisis de riesgos realizado, se adjunta la Figura 5 en la que se clasifican los riesgos mediante una matriz que los relaciona por su probabilidad e impacto.

<b>Probabilidad</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
		<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
		<b>Impacto</b>		

Figura 5. Matriz de riesgos, clasificados por su impacto y probabilidad.

## 5. Sistemas RPAS

El gran salto de calidad tecnológica que están experimentando estos productos, la facilidad de su adquisición, así como su bajo coste han hecho de los RPAS un sistema más que atractivo para los ejércitos de todo el mundo. De este modo, desde la OTAN se quiso regularizar su uso y empleo y lo hicieron para todos sus miembros, empezando por una clasificación global a la que todos sus países anexionados se acogen y que queda reflejada en la siguiente figura.

Clase	Categoría	Empleo	Altitud AGL	Radio
Clase I (<150 kg)	Micro (<5 kg)	Táctico (Sección)	200 pies	5 kilómetros
	Mini (5 kg - 15 kg)	Táctico (Compañía)	3000 pies	25 kilómetros
	Small (15 kg - 150 kg)	Táctico (Batallón)	5000 pies	50 kilómetros
Clase II (150 kg – 600 kg)	Táctico	Táctico (Brigada)	10000 pies	200 kilómetros
Clase III (>600 kg)	MALE (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional	45000 pies	Sin límite
	HALE (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	65000 pies	Sin límite
	Combate	Estratégico	65000 pies	Sin límite

Figura 6. Clasificación de los UAV's a nivel OTAN [6].



## 5.1 Proyecto Rapaz

A la hora de seleccionar un RPAS para su implementación en un GACA, este estudio se centrará en los de clase I, atendiendo a las consideraciones realizadas con anterioridad en el Proyecto Rapaz. El mencionado proyecto se inició en 2015 y trata sobre el estudio, aún en proceso, aunque ya finalizando, que realizó el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) para adquirir el RPAS más conveniente para las Fuerzas Armadas (FFAA).

Entre otras razones, considera los de clase I de mayor interés para su adquisición por su flexibilidad; ya que permiten ser transportados por un pequeño equipo, pudiendo ser una sola persona, y poseen un sencillo manejo. Además, se centró en la industria nacional para potenciarla y de esta manera tener recursos en un medio-largo plazo.

Se creó una lista de requisitos, siendo los más significantes la madurez del sistema, la capacidad de empleo en condiciones meteorológicas adversas o la calidad de las cabinas en las que se transportarían. Una vez definidos se sondeó el mercado y se iniciaron contactos con las empresas que podrían estar interesadas, citándolas a todas ellas para realizar una primera fase de pruebas con el fin de descartar los UAV's menos convenientes. A esta primera fase acudieron un total de 17 empresas cuyas aeronaves se vieron sometidas a un circuito en el que debían enfrentar diferentes pruebas para evaluar su madurez y capacidades.

A continuación, los RPAS que superaron el primer filtro fueron sometidos a una segunda prueba más exigente para tratar de encontrar al más recomendable para su futura adquisición; siendo cinco los medios evaluados además del UAV Raven, ya adquirido y en uso por el Ejército de Tierra. Esta segunda prueba consistió en dar apoyo a la carrera de "101 km de Ronda" proporcionando información en tiempo real para seguir el desarrollo de la prueba y detectar incidencias de forma rápida y precisa.

Finalmente, todos los RPAS participantes cumplieron las expectativas tras la realización de la prueba y para las empresas proveedoras supuso una gran oportunidad el poder probar sus medios en campo abierto y sin las restricciones legales pertinentes. No solo eso, sino que el Estado español pudo conocer de primera mano el estado del arte en cuanto a material RPAS se refiere. Además, se destacó la importante labor del UAV Raven, que cumplió con creces los objetivos marcados y estuvo a la altura de las exigentes pruebas, siendo uno de los RPAS que mejores resultados obtuvo.

Por lo tanto, y en base a todas estas conclusiones obtenidas del Proyecto Rapaz; se procede a analizar dos RPAS en concreto para conocer cuál es el más apropiado para implementar en un GACA. Éstos son el UAV Raven, por un lado, y el UAV Fulmar por otro. Ambos han sido seleccionados por sus brillantes resultados y capacidades demostrados en el Proyecto Rapaz; siendo el UAV Raven un sistema que ya está en la plantilla actual del Ejército de Tierra, mientras que el UAV Fulmar está en proceso de

adquisición, por lo que son dos perfectos candidatos que cumplen los requisitos que desde el Ministerio de Defensa se les exige y con capacidades más que contrastadas.

## 6. UAV Raven

El UAV Raven fue adquirido por el Ministerio de Defensa con el fin de mejorar sus capacidades de adquisición de objetivos, protección de convoyes o combate en población. Caracterizado por su rápido despliegue y gran movilidad, se ha empleado en diferentes Zonas de Operaciones como Líbano o Afganistán de donde se han sacado numerosas lecciones aprendidas y donde se ha demostrado su valía.

Actualmente se emplea con un equipo de cuatro personas, siendo éstas el jefe de equipo, el conductor del vehículo, que ayuda en las tareas de mantenimiento; el piloto y un tirador de Ametralladora Pesada [7]. A continuación, se muestran sus principales características técnicas.

<b>Longitud</b>	0,9 metros
<b>Envergadura</b>	1,4 metros
<b>Peso máximo</b>	1,9 kilogramos
<b>Peso carga útil</b>	185 gramos
<b>Autonomía</b>	60-90 minutos
<b>Alcance</b>	10 kilómetros (línea de visión directa)
<b>Velocidad</b>	56 km/h
<b>Techo de vuelo</b>	300 metros
<b>Vientos</b>	Hasta 20 km/h

*Figura 7. Características técnicas del UAV Raven [8].*

Además, entre los complementos que incluye se encuentra su carga útil, que consta de electroóptica y de infrarrojo. La electroóptica se divide en cámaras digitales, tanto frontal como lateral con capacidad de movimiento y zoom. Por otro lado, las cámaras de infrarrojo permiten la polaridad negro-caliente y blanco-caliente.



*Figura 8. UAV Raven [9].*

Por último, se controla mediante una estación de control de tierra con la que, entre otras opciones, se pueden ver en tiempo real vídeos grabados por las cámaras del aparato. Entre los modos que permite el UAV se encuentran los siguientes:

- Manual: en el que el piloto ejerce el control total y que se utilizará principalmente en los momentos de despegue y aterrizaje.
- Altura constante: el UAV mantiene una altura de vuelo mientras el piloto controla su dirección y velocidad.
- Navegación: consiste en establecer una serie de waypoints o puntos de control con el fin de realizar un itinerario a seguir por el RPAS. En cada uno de estos puntos se establece la altura de vuelo y la velocidad a la que irá el UAV a su paso. Éste será el modo habitual de trabajo.
- Observación: se selecciona un punto del terreno, con la posibilidad de ser móvil, y alrededor de él girará el RPAS centrando su cámara hacia el objetivo.
- Retorno: modo por el cual el UAV vuelve automáticamente al punto inicial o al marcado por el piloto para allí descender automáticamente [7].

Aparte de estos modos de trabajo, la estación de control tiene otras opciones como la de incrementar el radio de acción empleando dos estaciones. De este modo, una de ellas más próxima al UAV recibiría su señal y automáticamente la enviaría a la segunda desde la cual el piloto puede manejar el aparato.

También cabe la posibilidad de manejar dos UAV's que estén volando a la vez con una sola estación, aunque solo en uno de ellos se podría trabajar con el modo manual.

Finalmente, en el caso de pérdida del control sobre el aparato, éste permite varias opciones: que automáticamente vuelva al punto de salida; que continúe con su misión programada hasta finalizarla o que se acoja a un punto programado para recuperar el enlace y, en caso de no hacerlo, iniciar el aterrizaje automático.

## 6.1 Análisis DAFO UAV Raven

Una vez conocido el UAV Raven con sus principales características, conviene realizar un estudio en el que se extraigan sus ventajas e inconvenientes más destacables. Por ello se va a llevar a cabo un análisis DAFO<sup>6</sup> (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) con el fin de concluir su aptitud para su implementación en un GACA.

Características internas	Parámetros externos
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corto radio de acción</li> <li>• Autonomía limitada</li> <li>• Material insuficiente para la correcta adquisición de objetivos y evaluación de daños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de señal en terreno abrupto</li> <li>• Muy afectado por condiciones meteorológicas</li> </ul>
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy ligero</li> <li>• Transporte sencillo</li> <li>• Fácil manejo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ya en plantilla del Ejército de Tierra</li> <li>• Personal ya instruido</li> <li>• Comprobada su eficacia en Unidades de Artillería</li> </ul>

Figura 9. Análisis DAFO del UAV Raven.

### Debilidades

Todas las debilidades de este UAV vienen a raíz de sus características, muy limitadas e insuficientes a la hora de hacer frente a algunas de las exigencias que puede tener dentro de un GACA.

En primer lugar, su corto radio de acción obligaría al OAV a adelantar su posición lo suficiente como para no perder la señal con el avión, lo que descartaría una de las mayores ventajas que podía aportar, que era la de reducir la exposición y el peligro del personal. Además, al tener la autonomía limitada obliga a portar muchas baterías de repuesto para poder ofrecer un trabajo continuo en el tiempo. No solo eso, sino que es necesario que estas baterías estén bien protegidas frente a las bajas temperaturas, pues son muy vulnerables al frío y se descargan.

A ello se le suma su carga útil que, si bien es una tecnología moderna y eficaz, es limitada para las exigencias de un GACA, que necesita precisión y velocidad a la hora de adquirir y evaluar objetivos. Dicho material no permite ser sustituido por otro, pues alteraría las opciones de vuelo del UAV.

<sup>6</sup> Se trata de una herramienta mediante la cual se obtienen las principales características internas y parámetros externos que afectan al dispositivo.

### **Fortalezas**

Las fortalezas detectadas vienen al hilo de las debilidades, pues si sus características eran limitadas, esto se debe a las reducidas dimensiones que el UAV Raven presenta. Esto le permite un transporte muy cómodo y eficaz, ya que puede ser transportado en vehículo ligero e incluso portado por una sola persona debido a su ligereza.

Además, su sencillo manejo le permite ser operado por un equipo muy reducido, manteniendo intacta por lo tanto la estructura actual del OAV, que consta del jefe de equipo, operador radio, conductor y tirador de Ametralladora Pesada [10].

### **Amenazas**

Debido a su corto alcance, el enlace es muy débil en terrenos abruptos. Por ello obliga al equipo a colocarse en cotas y alturas significativas para evitar así verse afectados por la complicada orografía. Consecuentemente la exposición a la que se vería sometido el equipo frente al enemigo sería mayor, poniendo en riesgo los medios humanos.

Por otro lado, las condiciones meteorológicas afectan mucho a este aparato. Aunque puede resistir vientos de hasta 20 km/h, en cambio una mínima lluvia o nieve pueden impedir su vuelo al alterar el peso de las alas y hacerle perder estabilidad.

### **Oportunidades**

Este sistema RPAS ya está en la plantilla del Ejército de Tierra, por lo que ya hay personal instruido y con un curso bien definido dentro del Ejército que se imparte sin el apoyo de la empresa proveedora. Tenerlo ya adquirido afecta positivamente además a la logística, pues ya hay escalones de mantenimiento encargados de reparar estos medios, con proveedores de piezas trabajando conjuntamente.

### **Conclusiones**

Una vez analizadas todas las características que este UAV presenta, se puede concluir que es un aparato muy eficaz y útil para el Ejército de Tierra, pero que no puede garantizar el cumplimiento de la misión que en un GACA se le puede asignar. Solamente la imposibilidad de trabajar con condiciones meteorológicas desfavorables se trata de una debilidad difícil de asumir pues en el combate se contempla cualquier tipo de condición meteorológica y ni se debe ni se puede parar por ello.

Sin embargo, cabe destacar su presencia en la plantilla del Ejército de Tierra, pues su implementación en un GACA conllevaría una agilización de todos los trámites burocráticos muy importantes, ya que se evitaría toda la gestión de adquisición, limitándose a hacer una reestructuración de

los ya adquiridos. Además, se podría aprovechar el conocimiento que ya ha adquirido parte del personal del Ejército de Tierra sobre este UAV para tratar de buscar material que se pueda implantar como carga útil al aparato y que pueda cumplir con eficacia las exigencias de un GACA, a la vez que no afecte al vuelo del dispositivo.

Por todo ello y en base a lecciones aprendidas en las diferentes misiones en el exterior en las que ha participado el UAV Raven [11], se considera éste muy apropiado para integrarlo en el apoyo de fuegos de mortero<sup>7</sup>; cuyos objetivos están muy próximos a las bocas de fuego pudiendo operarse el RPAS desde ellas mismas sin tener que adelantar al equipo y no viéndose afectado además por su corta autonomía.

### 7. UAV Fulmar

Fabricado por la empresa Thales, el UAV Fulmar se caracteriza por su alta tecnología y capacidades. Se trata de un RPAS de clase I, categoría small, capaz de actuar tanto en terreno como en embarcaciones. Además, su estación de control -que puede trabajar con hasta tres aviones- permite ser manejada desde un vehículo en movimiento, realizando el RPAS un seguimiento a ésta mientras cumple la misión encomendada.



*Figura 10. UAV Fulmar sobre la plataforma de despegue [12].*

Resistente a fuertes vientos y condiciones meteorológicas adversas, su principal inconveniente es su forma de despegue y aterrizaje, que precisan de una plataforma y una red respectivamente para llevarse a cabo. Dicha plataforma tiene una envergadura de 6 metros, con la correspondiente limitación a la hora

---

<sup>7</sup> Se trata de un obús de menor calibre y con ánima lisa que se caracteriza por su corto alcance y por disparar siempre con ángulos mayores de 45 grados. Los emplean unidades de Infantería y Caballería.

de desplegarla que ello conlleva, y se puede montar por dos operarios en 30 minutos. Por otro lado, la recuperación se lleva a cabo mediante una red sujeta por dos globos auto hinchables colocados en los laterales; de tal modo que el aparato se dirige manualmente hacia ella para que ésta absorba el impacto y se pueda recoger el dispositivo [13].

Como carga útil incluye una bola de estabilización de última tecnología, así como cámara diurna y nocturna de altas prestaciones. Además, esta carga útil es intercambiable, lo que le da una importante flexibilidad al poder trabajar con diferentes herramientas según lo que la misión precise. Su seguimiento se consigue mediante GPS y el enlace es posible gracias a un eficaz sistema de antenas de la estación de control y el repetidor y respondedor que incluye el UAV.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes.

<b>Longitud</b>	1,23 metros
<b>Envergadura</b>	3,10 metros
<b>Altura</b>	0,5 metros
<b>Peso máximo</b>	20 kilogramos
<b>Peso carga útil</b>	4 kilogramos
<b>Autonomía</b>	6-8 horas
<b>Alcance</b>	50 kilómetros vídeo / 100 kilómetros datos
<b>Velocidad</b>	100 km/h
<b>Techo de vuelo</b>	3500 metros, hasta 500 metros operativo
<b>Vientos</b>	Hasta 70 km/h

*Figura 11. Características técnicas del UAV Fulmar [6].*

## 7.1 Análisis DAFO UAV Fulmar

A continuación, se procede a realizar el correspondiente análisis DAFO para obtener las principales virtudes e inconvenientes del dispositivo y concluir su aptitud o no para su implementación en un GACA.

Características internas	Parámetros externos
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes dimensiones</li> <li>• Largo tiempo de montaje</li> <li>• Empleo de materiales para despegue y aterrizaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácilmente localizable</li> </ul>
<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga útil apropiada</li> <li>• Posibilidad de intercambio de carga útil</li> <li>• Fácil manejo</li> <li>• Autonomía y radio de alcance altos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de empleo en cualquier condición meteorológica</li> <li>• Empresa española</li> <li>• Ha superado varias pruebas de fiabilidad del Ejército de Tierra</li> </ul>

Figura 12. Análisis DAFO del UAV Fulmar.

### Debilidades

El UAV Fulmar viene muy limitado por sus grandes dimensiones, que le obligan a un transporte complicado y lento ya que es pesado e incluye muchos materiales que ocupan un gran volumen. El principal inconveniente es su necesidad de emplear herramientas externas tanto para despegar como para aterrizar. De este modo transportar una plataforma de 6 metros y una red de gran envergadura puede antojarse complicado si no es en un camión, lo que limita su movilidad. Además, es importante la consideración del terreno a la hora de utilizar el dispositivo, ya que el despliegue de plataforma y red no se puede realizar en cualquier orografía.

Consecuentemente, se debe tener en cuenta a la hora de planear el empleo del UAV Fulmar el largo tiempo de despliegue que conlleva. Mientras otros RPAS pueden estar volando en 10 minutos desde el inicio del despliegue, el UAV Fulmar necesita al menos media hora de montaje de la plataforma por dos personas instruidas. De igual modo ocurre con la red de aterrizaje.

### Fortalezas

Este sistema RPAS destaca por las numerosas posibilidades que ofrece gracias a sus fantásticas prestaciones. Son muchas las que se pueden enumerar, pero destacan principalmente su gran autonomía y radio de alcance. El poder realizar gran número de horas de vuelo continuo sin interrupciones permite un gran control del terreno a vista de pájaro. Además, su gran radio de acción permite abarcar una zona muy amplia de vídeo, pudiendo llegar a doblarse este radio si lo que se desea es enlace mediante datos.

Por otro lado, su carga útil es capaz de detectar con alta resolución todo tipo de objetivos que puedan ser de interés militar; ya sea de estudio del terreno como adquisición de objetivos a batir o de evaluación



de daños en zonas urbanizadas. Sin embargo, para las misiones en las que esta carga útil sea innecesaria y corresponda otra, el sistema ofrece la posibilidad de intercambiarlas por otras más convenientes; sin que esto afecte a sus características de vuelo ni demás prestaciones.

Finalmente, incluye una estación de control de un manejo sencillo e intuitivo. Funciona con un panel táctil y permite una rápida formación de los usuarios. Dicha estación de control es móvil y su diseño rugerizado le permite desplegar en cualquier tipo de ambiente o ubicación [14].

## **Amenazas**

La principal amenaza que afecta a este RPAS consiste en su vulnerabilidad frente al enemigo para ser localizado. Sus grandes dimensiones le hacen fácilmente detectable cuando sobrevuele zonas sensibles que estén altamente vigiladas.

## **Oportunidades**

Las contingencias del combate son incontables y que el UAV Fulmar pueda emplearse en prácticamente cualquier condición meteorológica le hace ser de gran utilidad. Ni las bajas temperaturas, ni la lluvia o la nieve afectan a su vuelo ni lo desestabilizan. Además, soporta fuertes vientos de hasta 70 km/h gracias a sus grandes dimensiones que le dan estabilidad.

Por otro lado, se trata de un producto de fabricación española, lo que supone menos costes a la par que potencia la industria nacional y facilita la logística. En consecuencia, ha participado en las pruebas que ha realizado el SOPT en el Proyecto Rapaz, demostrando sobradamente sus capacidades y dejando constancia de su fiabilidad a las autoridades pertinentes del Ejército de Tierra.

## **Conclusiones**

Después de haber analizado todas las características del UAV Fulmar, se puede concluir que se encuentra sobradamente preparado para acometer cualquier misión que un GACA le pueda asignar. Posee todas las herramientas necesarias para hacer frente a las diferentes incidencias que se puede encontrar durante la realización del cometido asignado y además está contrastado en las pruebas realizadas con anterioridad por el Ministerio de Defensa.

Finalmente, conviene destacar que pertenece a una empresa española. Esto simplifica mucho las relaciones entre Defensa y la empresa a la hora de negociar su adquisición y contratación para el mantenimiento del producto; además de abaratar costes. De este modo, cabe la posibilidad de iniciar líneas de investigación dentro de la empresa, patrocinadas por el Ministerio de Defensa, con el fin de buscar métodos alternativos al despegue y aterrizaje del aparato, principales debilidades que muestra.

## 8. Comparación

Una vez analizados ambos aparatos, identificando sus ventajas e inconvenientes y extrayendo una serie de conclusiones, se procede a compararlos con el fin de deducir cuál de los dos puede ser más idóneo para su implementación en un GACA de A/D. Esta comparación se realizará mediante un radar chart o diagrama radar, idóneo para comparar dos variables diferentes. Se trata de una herramienta muy visual en la que se definen una serie de características de los aparatos y se puntúan (1-10) en cada uno de ellos para a continuación, comparar ambos de forma gráfica.

En este análisis han sido seis las características elegidas para su estudio. La primera de ellas son las dimensiones del aparato; es decir, longitud, envergadura y peso. Se prioriza una aeronave de dimensiones reducidas que facilite su mantenimiento y sea difícil de detectar por parte del enemigo. Análogamente se pretende analizar el manejo y transporte del sistema. Dentro del manejo se incluye tanto el sistema de control de la aeronave, estudiando su sencillez y diferentes opciones de control; así como el propio manejo del aparato a la hora de operar con él para ponerlo en funcionamiento, despegue, aterrizaje y recogerlo de nuevo.

Se analiza la respuesta del RPAS a las diferentes condiciones meteorológicas a las que se puede enfrentar. De igual modo, se pretende valorar la carga útil de que dispone el aparato, y si esta es suficiente para desempeñar las labores que se le van a exigir en un GACA de A/D. Finalmente, Se estudia la autonomía y el alcance que tendrá el sistema, así como la calidad del enlace entre aeronave y sistema de control.

### Puntuaciones UAV Raven

Con el apoyo del análisis DAFO realizado previamente, las puntuaciones del UAV Raven son las siguientes:

- **Dimensiones: 8.** Las dimensiones de esta aeronave son ideales para incluirlo dentro de una unidad tipo Batallón o Grupo. Su ligero peso y su reducida envergadura hacen del UAV un sistema muy difícil de localizar y con una logística muy sencilla.
- **Manejo y transporte: 9.** Gracias a sus dimensiones, el manejo de este aparato puede ser realizado por un solo operador, siendo además transportado en un vehículo ligero. Además, su sistema de control es muy completo, permitiendo varios modos de control de la aeronave.
- **Meteorología: 3.** Este aparato se ve muy afectado por la meteorología. Los vientos que puede soportar son hasta de 20 km/h y la lluvia o nieve impiden completamente su vuelo. Además, bajas temperaturas afectan negativamente a su batería descargándola.

- **Carga útil: 4.** Si bien dispone de cámaras de alta tecnología y de infrarrojo, la precisión de éstas no llega a cumplir las exigencias de un GACA, ya que sobre todo en la evaluación de objetivos es fundamental una buena calidad en las imágenes mostradas.
- **Autonomía: 5.** La autonomía de este RPAS es limitada. Para un GACA lo ideal es disponer de la aeronave en vuelo a lo largo de todo el combate, mientras que con este aparato deberían realizarse paradas periódicas para el cambio de batería.
- **Enlace y alcance: 5.** Se trata de un alcance corto que, junto a un enlace débil, obliga a los medios humanos a exponerse en demasía con el fin de no perder el contacto con la aeronave.

### Puntuaciones UAV Fulmar

Las puntuaciones del UAV Fulmar, realizadas en base a su análisis DAFO, son las siguientes:

- **Dimensiones: 5.** El UAV Fulmar dispone de un elevado peso y una gran envergadura, dimensiones altas para las tareas que se le van a encomendar. Además, su logística y mantenimiento es complicado.
- **Manejo y transporte: 5.** Sus elevadas dimensiones obligan al aparato a utilizar grandes medios tanto para su despegue como aterrizaje. Todo ello le hace ser transportado mediante grandes vehículos como camiones y requiere más personal para su funcionamiento. Sin embargo, su sistema de control posee grandes prestaciones y es muy fácil de manejar.
- **Meteorología: 8.** Este sistema no se ve afectado por la lluvia o la nieve. Los vientos que puede soportar son de hasta 70 km/h, permitiéndole de este modo enfrentar prácticamente cualquier inclemencia meteorológica.
- **Carga útil: 7.** La carga útil de este RPAS es óptima para la adquisición de objetivos y evaluación de daños. Además, permite el intercambio de esta carga, pudiendo añadirle nueva tecnología que no exista en la actualidad, pero pueda ser desarrollada en el futuro.
- **Autonomía: 9.** La autonomía de la que dispone este UAV es más que suficiente para afrontar todas las horas de vuelo necesarias para desempeñar su labor sin necesidad de cambiar la batería.
- **Enlace y alcance: 9.** Este RPAS presenta un gran alcance pudiendo ser controlado incluso desde el mismo asentamiento en el que están las piezas de Artillería. También presenta un preciso sistema de enlace mediante GPS que funciona en cualquier orografía.

## Gráficos comparativos

Características	Raven	Fulmar
Dimensiones	8	5
Manejo y Transporte	9	5
Meteorología	3	8
Carga útil	4	7
Autonomía	5	9
Enlace y alcance	5	9
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>43</b>
<b>Media</b>	<b>5,67</b>	<b>7,17</b>

Figura 13. Tabla de puntuaciones de los UAV Raven y Fulmar.

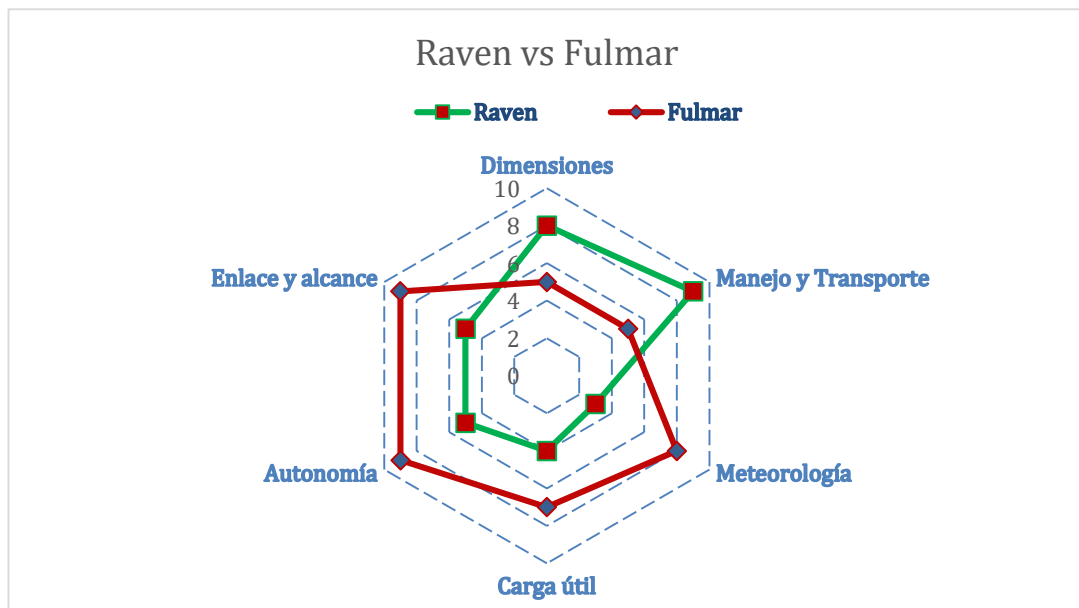


Figura 14. Radar chart comparativo entre UAV Raven y Fulmar.

## Conclusiones

A la vista del gráfico anterior y conocidas las puntuaciones que ambos RPAS han obtenido, se puede concluir que, si bien las dos aeronaves son muy válidas para su implementación en un GACA de A/D, el UAV Fulmar es notablemente mejor que el UAV Raven. Como se puede observar, la puntuación total del

sistema Fulmar es más alta, y por lo tanto su media, lo que demuestra que posee unas prestaciones más fiables y de mejor calidad para realizar el trabajo de adquisición de objetivos.

Aunque se encuentran dos puntos en los que el Raven mejora al Fulmar, (Dimensiones y Transporte) éstos se tratan de dos características en las que se pueden asumir bajas puntuaciones, pues el resto de ellas mejoran con mucho la media del aparato. Además, cabe destacar las notas por debajo de 5 que han resultado. Mientras el UAV Raven posee dos parámetros (Carga útil y Meteorología) cuya nota se encuentra por debajo de 5, el UAV Fulmar tiene aprobadas todas sus características. Todo ello hace elegir sin ninguna duda el UAV Fulmar para su implementación en un GACA de A/D por delante del UAV Raven.

## 9. Conclusiones y líneas futuras

Tras la realización de una investigación y análisis rigurosos acerca de la posibilidad de implementar un sistema RPAS en un GACA, y el estudio de cuál de ellos sería el más idóneo; se ha llegado a una serie de conclusiones que dan respuesta a ambas cuestiones y que permiten actuar en consecuencia.

En primer lugar, se ha llegado a la conclusión de que es más conveniente trabajar en la adquisición de objetivos y evaluación de daños dentro de un GACA con la ayuda de un sistema RPAS. Esto se debe principalmente a la importante reducción de peligro sobre el personal de la Sección de Enlace. Los observadores avanzados deben adelantar mucho su posición y exponerse al enemigo con el fin de poder localizar y situar sobre el mapa con precisión los objetivos a batir por la Artillería. Con la ayuda de un sistema RPAS esta distancia con el enemigo se podría incrementar de forma notable, reduciendo así de forma proporcional el riesgo al que estaba expuesto este personal. Además, la calidad y la precisión con la que se adquirirían los objetivos, así como la evaluación de los daños se incrementaría de forma notable.

Del mismo modo, trabajar con un UAV incrementaría las labores de elección de asentamientos para las baterías de armas a la hora de desplegar. Para la sección de INFO/TOP, el poder contar con una herramienta como este dispositivo es una importante ventaja con la que se reducirían tiempos de reconocimiento a la vez que se mejoraría la precisión de éstos.

Por otro lado, se ha estudiado la posibilidad de implementar tanto el UAV Raven como el UAV Fulmar. Después de haber analizado los dos en detalle, se llega a la conclusión de que el UAV Raven no es óptimo para su empleo por parte de un GACA, pues sus características no resuelven los problemas que se tratan de evitar en este estudio. Sin embargo, puede ser muy útil para otras unidades en labores como rápidos reconocimientos de itinerarios o puntos sensibles. Es por ello por lo que el Ejército de Tierra lo adquirió y para lo que lo está empleando. Además, se ha observado que para el apoyo a los fuegos de mortero puede ser un importante aliado.

El UAV Fulmar, sin embargo, sí que ha demostrado tener la capacidad más que suficiente para trabajar en todas las labores que se le puedan asignar dentro de un GACA. Sus prestaciones le permiten no sólo trabajar en colaboración con la Sección de Enlace, mejorando la adquisición de objetivos y evaluación de daños; sino que además gracias a su gran autonomía y radio de alcance, puede ser empleado para colaborar en las necesidades de cualquier otra Batería sin necesidad de hacerlo aterrizar o mover la estación de control de lugar. Además, su implementación sería rápida ya que las pruebas para comprobar sus capacidades ya han sido realizadas y las negociaciones para su adquisición ya están abiertas, por lo que sería un trámite rápido y sencillo.

Por todo ello se puede decir que es muy recomendable implementar un sistema RPAS en un GACA, habiendo candidatos sobradamente preparados para implementarse y empezar a trabajar en cualquier momento y que mejoraría las capacidades del Grupo de manera exponencial, situando al Ejército de Tierra entre los más punteros en cuanto a tecnología RPAS se refiere.

Como líneas futuras sería muy interesante investigar una posible integración del RPAS con el programa Talos. El programa Talos trata de un software empleado por la Artillería desde el FDC de Grupo hasta las mismas piezas en el caso de las SIAC 155/52, pasando por los OAV's. Dicho programa permite situar en un mapa digital los objetivos designados por los OAV's, de tal modo que las coordenadas y los correspondientes datos de tiro para batirlos llegan automáticamente al FDC de Batería y a los obuses. Por lo tanto, una integración de este programa con un sistema RPAS permitiría una precisión mayor en la obtención de las coordenadas que llegan al FDC, además de agilizar el proceso y reducir tiempos.

## 10. Bibliografía

- [1] Coronel Carlos Calvo González-Regueral, "De los UAV a los RPAS. Perfiles IDS," 2014. [Online]. Disponible: <https://www.infodefensa.com/wp-content/uploads/Af-Uavs-10-03.pdf>.
- [2] Mando de Adiestramiento y Doctrina, "PD4-304 Empleo de la Artillería de Campaña." 2018.
- [3] Estado Mayor del Ejército, "OR4-307 Orientaciones. Grupo de Artillería de Campaña," 1997.
- [4] Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales, "Módulo de Planeamiento Ejército XXI 17 GACAPAC VI."
- [5] Dirección General de Armamento y Material, "Curso de Gestión de Programas 2017. Documento de Viabilidad. Sistema de Cartografía Táctica." 2017.
- [6] Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica, "Monografías del SOPT. Proyecto Rapaz."
- [7] Ejército de Tierra, "Norma operativa. Empleo del Mini-UAV Raven en Operaciones," 2010.
- [8] Mando de Adiestramiento y Doctrina, "Mi-100 Equipo Mini-UAV Raven B." 2015.
- [9] AeroVironment, "UAV Raven." [Online]. Disponible: [http://www.avinc.com/media\\_center/unmanned-aircraft-systems/raven](http://www.avinc.com/media_center/unmanned-aircraft-systems/raven).
- [10] Mando de Adiestramiento y Doctrina, "MI-304 Equipo del observador de Artillería de Campaña," 2015.
- [11] Dirección de Doctrina, Orgánica y Materiales, "Operación Romeo Alfa Afganistán. Análisis de experiencias UAV," vol. 7, 2014.
- [12] "UAV Fulmar." [Online]. Disponible: <http://galaxiamilitar.es/la-armada-espanola-incorpora-para-la-infanteria-de-marina-el-uav-fulmar-de-thales/>.
- [13] C. Bayón Román, "Estudio del terreno con medios RPAS en el proceso de planeamiento en el nivel táctico," CUD, 2017.
- [14] Thales, "Fulmar X."

**Aclaración.** Las páginas de internet han sido revisadas a fecha de 13 de marzo de 2019.

## ANEXO A

Se realizó una entrevista a diferentes componentes del GACAPAC VI con el fin de conocer su opinión acerca de implementar un RPAS en el Grupo. Dichos expertos fueron seleccionados en base a su amplia experiencia en la adquisición de objetivos, evaluación de daños y procedimientos de Topografía.

EMPLEO	NOMBRE Y APELLIDOS	PUESTO TÁCTICO
Teniente	Rubén Arcos Moreno	Jefe Sección de Enlace, Batería de Plana
Sargento 1º	Miguel Salmerón Alcaide	OAV, Sección de Enlace
Sargento	Fernando Gustavo Núñez Martín	OAV, Sección de Enlace
Teniente	Javier Busquier Martínez	Jefe Sección INFO/TOP, Batería de Plana
Sargento	Héctor Astorgano Álvarez	Jefe de Equipo, Sección de INFO/TOP
Capitán	Miguel Ángel Martínez Martínez	Jefe 1ª Batería GACAPAC VI
Teniente	José Antonio Mochón Ruiz	Jefe Sección, 1ª Batería

Los mencionados con anterioridad respondieron a las siguientes preguntas:

1. ¿Considera apropiado el uso de un RPAS para facilitar el cumplimiento de su misión? ¿Por qué?
2. ¿Qué riesgos cree que podría conllevar la adquisición de este producto?
3. De todos ellos, ¿considera alguno no asumible?
4. ¿Cuáles le parecen más probables?
5. Clasifique los riesgos antes mencionados de mayor a menor gravedad.
6. Indique otras consideraciones